



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 197 21 984 A 1**

⑤1 Int. Cl.⁶:
H 04 N 5/57
H 04 N 5/58

②1 Aktenzeichen: 197 21 984.5
②2 Anmeldetag: 26. 5. 97
④3 Offenlegungstag: 3. 12. 98

DE 197 21 984 A 1

⑦1 Anmelder:
Siemens AG, 80333 München, DE

⑦2 Erfinder:
Mertelmeier, Thomas, Dipl.-Phys. Dr., 91058
Erlangen, DE

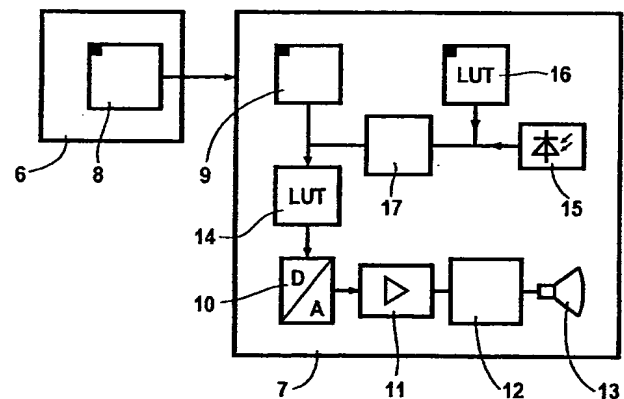
⑤6 Entgegenhaltungen:
DE 33 22 467 C2
DE 42 17 594 A1
US 52 53 281
Pat. Abstr. of Japan, E-849, 1989, Vol. 13, No.522
JP 1-212983;

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Monitor

⑤7 Die Erfindung betrifft einen Monitor (7) mit einer Bildröhre (13), einem Videoverstärker (11), einer Fokus- und Ablenkeinheit (12) zur Erzeugung, Fokussierung und Ablenkung des Elektronenstrahls der Bildröhre (13), einem Videospeicher (9) und einer daran angeschlossene LUT-Schaltungsanordnung (14), die mit einem Digital/Analog-Wandler (10) verbunden ist, an dem der Videoverstärker (11) angeschlossen ist. Der Monitor (7) weist einen LUT-Speicher (16), in dem verschiedene Look-up-Tables gespeichert sind, und einen Umlichtsensor (15) auf, der aufgrund der gemessenen Beleuchtungsstärke die dazugehörige Look-up-Table aus dem LUT-Speicher (16) auswählt.



DE 197 21 984 A 1

Die Erfindung betrifft einen Monitor mit einer Bildröhre, einem Videoverstärker und einer Fokus- und Ablenkeinheit zur Erzeugung, Fokussierung und Ablenkung eines Elektronenstrahls der Bildröhre.

In der US-A 5,253,281 ist eine Röntgendiagnostikeinrichtung beschrieben, die einen Monitor aufweist, dem von einer Wiedergabeschaltung, in der Wiedergabeparameter digital eingestellt werden, ein analoges Videosignal zugeführt wird. Derartige Monitore weisen an ihrem Eingang einen Videoverstärker auf, dessen Ausgangssignal von der Elektronenkanone der Bildröhre als Steuerspannung verwendet wird, um daraus die Stromstärke des Elektronenstrahls je nach Grauwert des Bildes zu regeln. Der Elektronenstrahl schreibt das Bild auf den Leuchtschirm der Bildröhre.

Die Leuchtdichte des Bildpunktes hängt dabei nichtlinear von der Strom-Spannungs-Kennlinie der Elektronenkanone und von eventuellen Nichtlinearitäten anderer Komponenten des Monitors, beispielsweise dem Videoverstärker und der Phosphorresponse des Leuchtschirms ab. Gewünscht wird aber eine sogenannte Gleichabständigkeit der Grauwerte in der wahrgenommenen Helligkeit (Perceptual Linearization), womit die Anzahl der wahrgenommenen Graustufen maximiert werden kann. Damit wird die diagnostische Leistung optimiert.

Aus dieser angestrebten Gleichabständigkeit ergibt sich im Rahmen von Modellen für das menschliche Sehsystem eine bestimmte Funktion für die Beziehung zwischen Eingangssignal und dargestellter Monitorleuchtdichte. Diese Beziehung wird aber i. a. nicht vom betrachteten Monitor erfüllt. Um sicherzustellen, daß die Displaykurve des Monitors der vorgegebenen Funktion folgt, ist entweder per Software oder per Hardware eine Look-up-Table (LUT) im Digitalteil des den Monitor steuernden Computers vorgesehen. Diese LUT hängt nun von der Helligkeits- und Kontrasteinstellung des Monitors ab, welche wiederum je nach Umgebungshelligkeit unterschiedlich gewählt werden.

Es sind auch Anwendungen denkbar, wo die Darstellung der Grauwerte in Abhängigkeit des Inputsignals einer bestimmt vorgegebenen Funktion folgt, die von der jeweiligen Anwendung abhängt. Z.B. sind unterschiedliche Displaykurven, die die Leuchtdichte als Funktion des digitalen Grauwertes am Monitoreingang repräsentieren, einerseits für Thoraxaufnahmen andererseits für Mammographien, denkbar. Unterschiedliche Displaykurven sind auch für unterschiedliche Betrachter (User) vorstellbar.

Die Vorteile, die Monitorkennlinie mittels LUT einzustellen, im Gegensatz zur näherungsweise iterativen Einstellung mit Helligkeits- und Kontrastregler, sind:

- dieses Verfahren ist im Rahmen der zur Verfügung stehenden Anzahl von Bits exakt,
- auch bei niedrigen Leuchtdichten und relativ hoher Umgebungsbeleuchtung kann die richtige Einstellung gewährleistet werden,
- durch dieses Verfahren kann das Gesamtsystem und nicht nur eine Komponente wie beispielsweise die Elektronenkanone berücksichtigt werden.

Die Erfindung geht von der Aufgabe aus, den Monitor derart auszubilden, daß auf einfache und sichere Weise die jeweilig richtige oder gewünschte Displaykurve im Monitor einstellbar und die LUT im einzustellenden Leuchtdichtebereich so bestimmbar ist, daß auch für niedrige Leuchtdichten die Zielkurve erreichbar ist.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß der Monitor weiterhin einen Videospeicher und eine daran

angeschlossene LUT-Schaltungsanordnung aufweist, die mit einem Digital/Analog-Wandler verbunden ist, an dem der Videoverstärker angeschlossen ist. Durch die erfindungsgemäße Idee, den Videospeicher einschließlich einer bestimmten Anzahl von vorherbestimmter LUTs und den Digital/Analog-Wandler (DAC) in den Monitor zu integrieren, kann die Einstellung der richtigen Displaykurve auf einfache Weise erfolgen, da der Monitor "mehr Intelligenz" aufweist.

Eine leichte Anpassung kann erfolgen, wenn der Monitor einen LUT-Speicher aufweist, in dem verschiedene Look-up-Tables gespeichert sind. Eine automatische Berücksichtigung der Raumhelligkeit kann erfolgen, wenn der Monitor einen Umlichtsensor aufweist, der mit dem LUT-Speicher derart verbunden ist, daß er aufgrund der gemessenen Beleuchtungsstärke die dazugehörige Look-up-Table aus dem LUT-Speicher auswählt. Es lassen sich Zwischenwerte bilden, so daß Look-up-Tables eingespart werden können, wenn der LUT-Schaltungsanordnung eine Schaltungsanordnung zum Interpolieren zugeordnet ist.

Die Aufgabe wird ebenfalls durch ein erfindungsgemäßes Verfahren dadurch gelöst, daß eine Look-up-Table zur Umsetzung von Leuchtdichtewerten im einzustellenden Leuchtdichtebereich $L_{\min} \leq L \leq L_{\max}$ derart bestimmbar ist, daß auch für niedrige Leuchtdichten eine gewünschte Zielkurve gewährleistet ist.

Erfindungsgemäß kann eine Transformation durch die Look-up-Table gemäß folgender Gleichung durchgeführt werden:

$$G \rightarrow G_0 + (100 - G_0) G/100,$$

wobei

$$G_0 = L_Z^{-1}(L_{\min})$$

ist, und/oder

$$L_{Zr}(G) = L_Z(G_0 + (100 - G_0) G/100).$$

Es hat sich als vorteilhaft erwiesen, wenn die Beleuchtungsstärke der Umgebung des Monitors gemessen wird, daß aufgrund der gemessenen Beleuchtungsstärke eine dazugehörige Look-up-Table ausgewählt wird, mit der die Grauwerte des digitalen Eingangssignales des Monitors umgesetzt werden, und daß das umgesetzte Signal nach einer Analog/Digital-Wandlung die Helligkeit des Monitors steuert. Dabei können Zwischenwerte durch Interpolation von benachbarten Look-up-Tables gebildet werden.

Die Erfindung ist nachfolgend anhand von in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispielen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine Röntgendiagnostikeinrichtung mit einem Bildsystem,

Fig. 2 ein Bildsystem und ein Monitor nach dem Stand der Technik,

Fig. 3 ein erfindungsgemäßer Monitor mit einem Bildsystem und

Fig. 4 und 5 Kennlinien zur Erläuterung der Erfindung.

In der Fig. 1 ist eine Röntgendiagnostikeinrichtung mit einer Röntgenröhre 1 dargestellt, die von einem Hochspannungsgenerator 2 betrieben wird. Die Röntgenröhre 1 sendet ein Röntgenstrahlenbündel 3 aus, das einen Patienten 4 durchdringt und auf einen Röntgendetektor 5 entsprechend der Transparenz des Patienten 4 geschwächt fällt.

Der Röntgendetektor 5 wandelt das Röntgenstrahlenbild in elektrische Signale um, die in einem daran angeschlossenen digitalen Bildsystem 6 verarbeitet und einem Monitor 7

zur Wiedergabe des Röntgenstrahlenbildes zugeführt werden. Das digitale Bildsystem 6 kann in bekannter Weise Verarbeitungsschaltungen, Wandler, Differenzstufen und Bildspeicher aufweisen.

Bei einer derartigen Röntgendiagnostikeinrichtung kann der Röntgendetektor 5 ein Festkörperbildwandler, beispielsweise aus amorphem Silizium (aSi:H), oder ein Röntgenbildverstärker mit angekoppelter Fernsehkamera sein, die eine Fernsehaufnahmeröhre oder einen CCD-Bildwandler aufweisen kann. Es kann aber auch aus einer DLR-Speicherfolie oder ein Film/Folien-System Verwendung finden, das nachträglich digitalisiert wird. Im Fall von DLR bzw. Film/Folie sind in bekannter Weise zwischen Detektor 5 und Bildsystem 6 eine Auslesevorrichtung für Speicherfolien bzw. ein Filmentwickler und Digitalisierer erforderlich.

Die Fig. 2 zeigt einen Aufbau des Monitors 7 und des Bildsystems 6 gemäß dem Stand der Technik. Die in einem Bildspeicher 8 des Bildsystems 6 abgespeicherten und verarbeiteten Bilder, beispielsweise Röntgenbilder, werden ausgelesen und in einem Videospeicher 9 zwischengespeichert. Die digitalen Videosignale werden in einem Digital/Analog-Wandler (D/A-Wandler 10) umgesetzt und dem Monitor 7 zugeführt. In einem Videoverstärker 11 wird das analoge Videosignal verstärkt und einer Fokus- und Ablenkeneinheit 12 zur Erzeugung, Fokussierung und Ablenkung eines Elektronenstrahls einer an der Einheit 12 angeschlossenen Bildröhre 13 zugeführt.

In der Fig. 3 ist ein erfindungsgemäßer Monitor 7 dargestellt. Die in dem Bildspeicher 8 des Bildsystems 6 abgespeicherten Röntgenbilder werden ausgelesen und in dem im Monitor 7 angeordneten Videospeicher 9 zwischengespeichert. Die digitalen Videosignale werden in einer Look-up-Table zur Transformation der Grauwerte (LUT-Schaltungsanordnung 14) umgesetzt, in dem D/A-Wandler 10 digitalisiert und dem Videoverstärker 11 zugeführt. Das verstärkte analoge Videosignal wird der Fokus- und Ablenkeneinheit 12 der Bildröhre 13 zugeführt.

Ein im Monitor 7 angeordneter Umlichtsensor 15 mißt die am Ort des Monitors 7 vorherrschende Beleuchtungsstärke, aufgrund derer eine Look-up-Tabelle aus einem LUT-Speicher 16 ausgewählt wird und über eine Schaltungsanordnung 17 zur Interpolation der LUT-Schaltungsanordnung 14 zugeführt.

Durch die Integration von Videospeicher 9 und D/A-Wandler 10 in den Monitor 7 wird erreicht, daß die zur Darstellung verwendeten LUTs, die von den Eigenschaften des Monitors 7 abhängen, und der Monitor 7 eine physikalische Einheit darstellen.

Dazu sind folgende Komponenten bzw. Schritte erforderlich (s. Abb. 1):

1. Der im Monitor angeordnete Umlichtsensor 15 mißt die am Ort des Bildschirms vorherrschende Beleuchtungsstärke.
2. Der Videospeicher 9, beispielsweise ein VRAM, und der D/A-Wandler 10, der die vom Bildspeicher 8 kommenden digitalen Bildsignale in das analoge Videosignal umwandelt, sind in dem Monitor 7 integriert.
3. Weiterhin ist eine bestimmte Anzahl N von Look-up-Tabellen zu je 2M Einträgen (z. B. M = 12):

$$f_k^{(i)}; i = 1, \dots, N; k = 0, \dots, 2^M - 1$$

zur Transformation der Grauwerte gespeichert. Mit dem Index i können verschiedene vorher festgelegte Umgebungshelligkeiten oder verschiedene Anwendungen bezeichnet sein. Die LUTs werden vor Inbetriebnahme des Monitors 7 in Abhängigkeit der Beleuch-

tungsstärke, d. h. abhängig vom Ausgangssignal des Umlichtsensors 15 und/oder der gewünschten Applikation bestimmt.

4. Das Monitor-System enthält außerdem eine Schaltungsanordnung 17 zum Interpolieren. Bezeichnet B das bei einer gegebenen Beleuchtungsstärke gemessene Ausgangssignal des Umlichtsensors 15, so werden die Werte einer LUT (f_k) durch folgende Interpolation bestimmt:

$$f_k = f_k^{(i)} (1-p) + f_k^{(i+1)} p$$

mit

$$p = (B - B_i) / (B_{i+1} - B_i),$$

wobei B_i und B_{i+1} die benachbarten vorher gemessenen Umlichtsensordaten und $f_k^{(i)}$ und $f_k^{(i+1)}$ die zugehörigen Werte der LUTs bezeichnen. Diese lineare Interpolation ist nur als Beispiel zu verstehen. Es ist auch jede andere Art der Interpolation, beispielsweise mit kubischen oder quadratischen Funktionen oder mit Spline-Funktionen, denkbar.

5. Das Monitor-System enthält eine Vorrichtung zur Anwendung der LUTs auf die digitalen Eingangsgrauwerte G_k mit dem Resultat, daß die Ausgangsgrauwerte G'_k , die den Input für den D/A-Wandler 10 darstellen, genau die angestrebte Displaykurve liefern:

$$G'_k = f_k(G_k).$$

6. Der D/A-Wandler 10 transformiert die digitalen Grauwerte in ein analoges Spannungs-Videosignal.

7. Der Monitor 7 transformiert dieses Videosignal in ein Leuchtdichtebild mit Hilfe der bekannten Monitor-technik.

Vor Inbetriebnahme werden die zu verwendenden Look-up-Tables bestimmt. Dazu wird nach folgendem Verfahren vorgegangen:

Gegeben sei die aus einem Perceptual-Linearization-Modell folgende oder für eine bestimmte Applikation geeignete Ziel-Displaykurve $L_Z(G)$, wobei G den digitalen Grauwert in Prozent des Maximalwertes (z. B. 255) bezeichnet ($0 \leq G \leq 100\%$).

Die Werte von $L_Z(G)$ sind zwischen L_{Zmin} und L_{Zmax} definiert, wobei die minimal und maximal möglichen Werte L_{Zmin} und L_{Zmax} abhängig vom Modell sind. So gilt beispielsweise für die von ACR/NEMA vorgeschlagene, in den SPIE Proceedings Medical Imaging 1996, Image Display, auf den Seiten 344 bis 360 beschriebene Standardisierung $L_{Zmin} = 0.05 \text{ cd/m}^2$ und $L_{Zmax} = 4000 \text{ cd/m}^2$, für die von CIE vorgeschlagene, in der DIN 5033, Teil 3, Juli 1992, beschriebene Kurve gilt $L_{Zmin} = 0$ und $L_{Zmax} = L_{max}$, wobei L_{max} die angestrebte Maximalleuchtdichte bezeichnet. Entsprechend ist L_{min} die einzustellende Minimalleuchtdichte. Diese beiden Zielkurven sind nur zwei Beispiele von vielen möglichen Displaykurven.

Es wird eine Lösung der Aufgabe vorgeschlagen, den abzubildenden Bereich $L_{min} \leq L \leq L_{max}$ in den entsprechenden Bereich der Standard-Displaykurve abzubilden.

Dazu wird folgende Transformation durchgeführt:

$$G \rightarrow G_0 + (100 - G_0) G / 100, \text{ wobei } G_0 = L_Z^{-1}(L_{min})$$

gilt (Fig. 4 und 5). Dann stellt die Kurve

$$L_{Zr}(G) = L_Z(G_0 + (100 - G_0) G / 100)$$

die auf den Bereich $L_{\min} \leq L_Z \leq L_{\max}$ restriktierte Kurve für $0 \leq G \leq 100$ dar. Im Fall, daß L_Z nur für diskrete Argumente gegeben ist, muß die Kurve L_Z entsprechend interpoliert werden.

Damit wird sichergestellt, daß auch bei niedrigen Leuchtdichten die Monitorkennlinie mittels LUT eindeutig korrigierbar ist, wie dies der Fig. 4 zu entnehmen ist.

Die LUT f ist dann in bekannter Weise gegeben durch

$$L_Z(G) = L_m(f(G)), \quad 0 \leq G \leq 100\%,$$

wobei L_m die unkorrigierte, intrinsische Displaykurve des Monitors bezeichnet

$$(L_{\min} \leq L \leq L_{\max}).$$

Also wird die LUT durch folgende Gleichung bestimmt, deren Kurvenverlauf in Fig. 5 dargestellt ist:

$$f(G) = L_m^{-1}(L_Z(G)).$$

In der Regel wird der berechnete Wert des digitalen Grauwertes $(0, \dots, 2^M - 1)$, dem $f(G)$ entspricht, zwischen zwei benachbarten Elementen der Menge $\{0, 1, 2, \dots, 2^M - 1\}$ liegen. In der Praxis wird einer dieser beiden Werte gewählt, vorzugsweise etwa der mit dem kleineren Abstand. Der dadurch entstehende Quantisierungsfehler ist für Bittiefen $M \geq 8$ nicht wahrnehmbar.

Die hier beschriebene Methode ist für alle perceptual-Linearization-Modelle anwendbar. Der Grundgedanke der Erfindung ist die Behandlung bei niedrigen Leuchtdichten und endlicher Umgebungsbeleuchtung.

Durch diese erfindungsgemäße Anordnung erhält man einen digitalen Monitor 7, bei dem alle für den Monitor 7 relevanten Daten für die Helligkeitseinstellung diesem direkt und fest zugeordnet sind, da sie in ihm selbst gespeichert sind.

Patentansprüche

1. Monitor (7) mit einer Bildröhre (13), einem Videoverstärker (11) und einer Fokus- und Ablenkeinheit (12) zur Erzeugung, Fokussierung und Ablenkung des Elektronenstrahls der Bildröhre (13), **dadurch gekennzeichnet**, daß der Monitor (7) weiterhin einen Videospeicher (9) und eine daran angeschlossene LUT-Schaltungsanordnung (14) aufweist, die mit einem Digital/Analog-Wandler (10) verbunden ist, an dem der Videoverstärker (11) angeschlossen ist.
2. Monitor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Monitor (7) einen LUT-Speicher (16) aufweist, in dem verschiedene Look-up-Tables gespeichert sind.
3. Monitor nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Monitor (7) einen Umlichtsensor (15) aufweist, der mit dem LUT-Speicher (16) derart verbunden ist, daß er aufgrund der gemessenen Beleuchtungsstärke die dazugehörige Look-up-Table aus dem LUT-Speicher (16) auswählt.
4. Monitor nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der LUT-Schaltungsanordnung (14) eine Schaltungsanordnung (17) zum Interpolieren zugeordnet ist.
5. Monitor nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Schaltungsanordnung (17) zum Interpolieren nach folgender Gleichung interpoliert:

$$f_k = f_k^{(i)} \{1 - (B - B_i)/(B_{i+1} - B_i)\} + f_k^{(i+1)} (B - B_i)/(B_{i+1} - B_i).$$

6. Verfahren zur Kennlinieneinstellung von digitalen Monitoren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß eine Look-up-Table zur Umsetzung von Leuchtdichtewerten im einzustellenden Leuchtdichtebereich $L_{\min} \leq L \leq L_{\max}$ derart bestimmbar ist, daß auch für niedrige Leuchtdichten eine gewünschte Zielkurve gewährleistet ist.

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Look-up-Table eine Transformation gemäß folgender Gleichung durchgeführt:

$$G \rightarrow G_0 + (100 - G_0) G/100,$$

wobei $G_0 = L_Z^{-1}(L_{\min})$ ist.

8. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Look-up-Table eine Transformation gemäß folgender Gleichung durchgeführt:

$$L_Z(G) = L_Z(G_0 + (100 - G_0) G/100).$$

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Beleuchtungsstärke der Umgebung des Monitors (7) gemessen wird, daß aufgrund der gemessenen Beleuchtungsstärke eine dazugehörige Look-up-Table ausgewählt wird, mit der die Grauwerte des digitalen Eingangssignales des Monitors (7) umgesetzt werden, und daß das umgesetzte Signal nach einer Analog/Digital-Wandlung die Helligkeit des Monitors (7) steuert.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß Zwischenwerte durch Interpolation von benachbarten Look-up-Tables gebildet werden.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß gemäß folgender Gleichung interpoliert wird:

$$f_k = f_k^{(i)} \{1 - (B - B_i)/(B_{i+1} - B_i)\} + f_k^{(i+1)} (B - B_i)/(B_{i+1} - B_i).$$

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

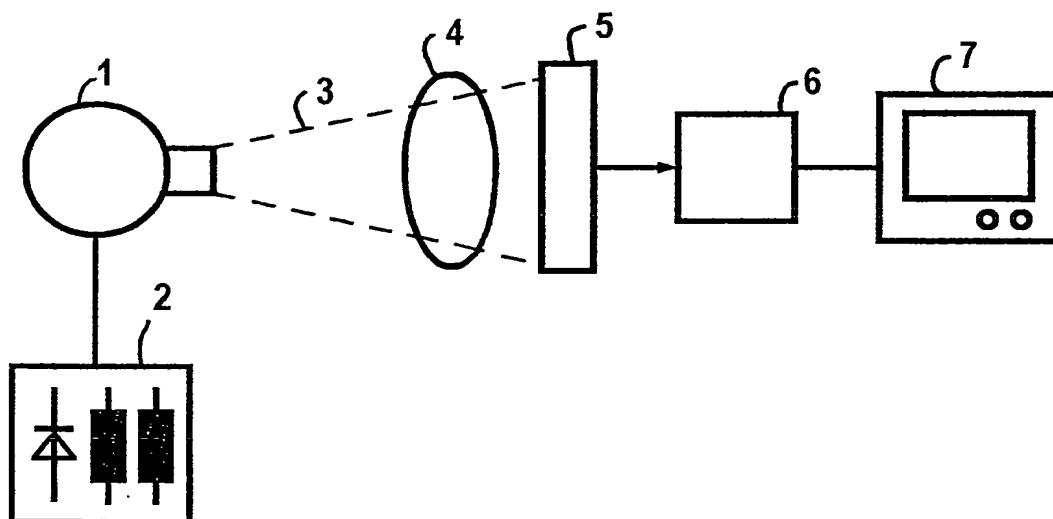


FIG 1

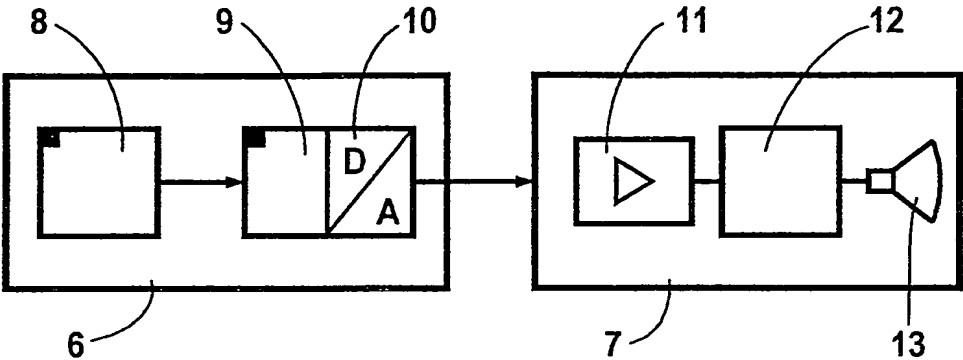


FIG 2

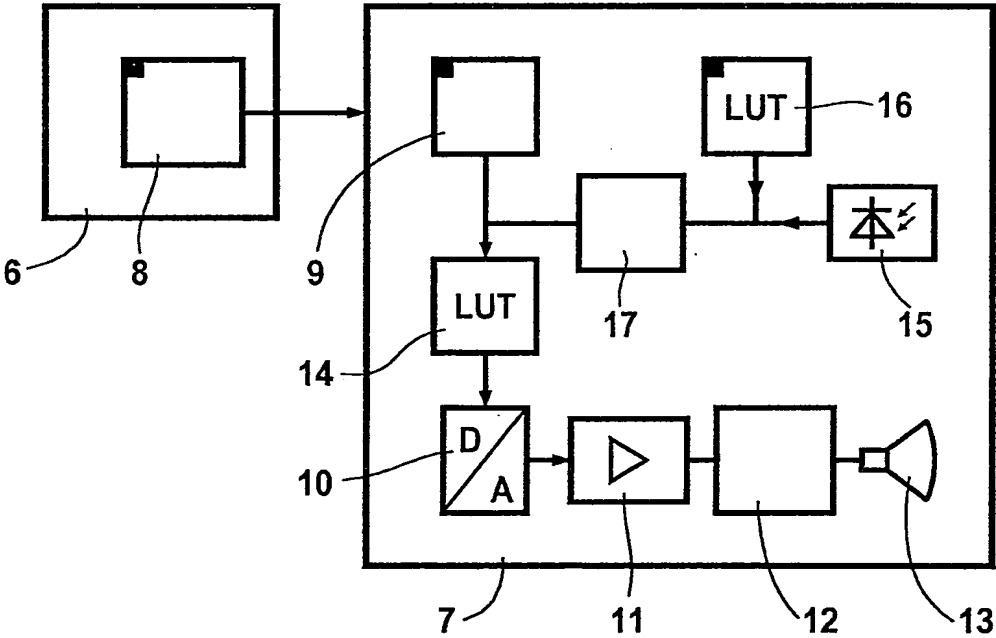


FIG 3

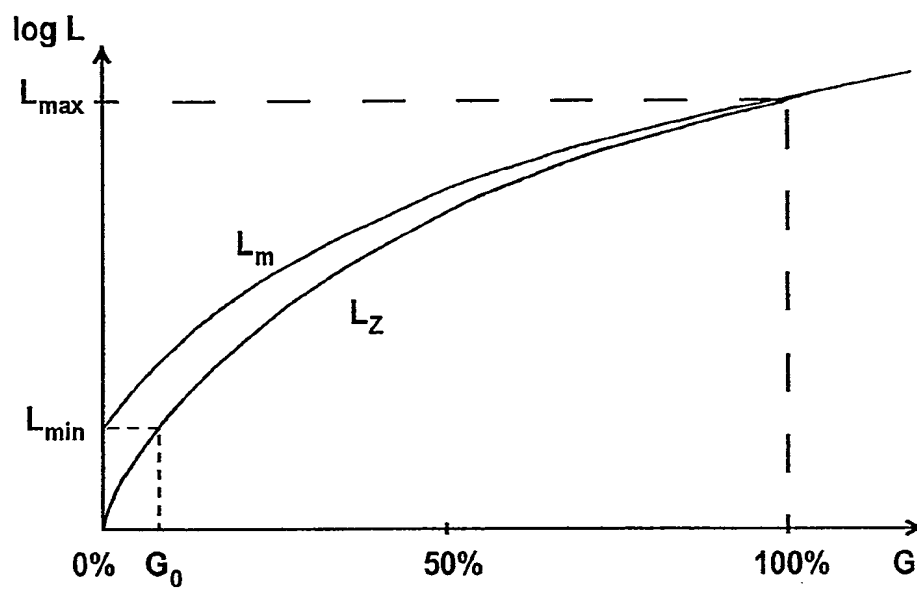


FIG 4

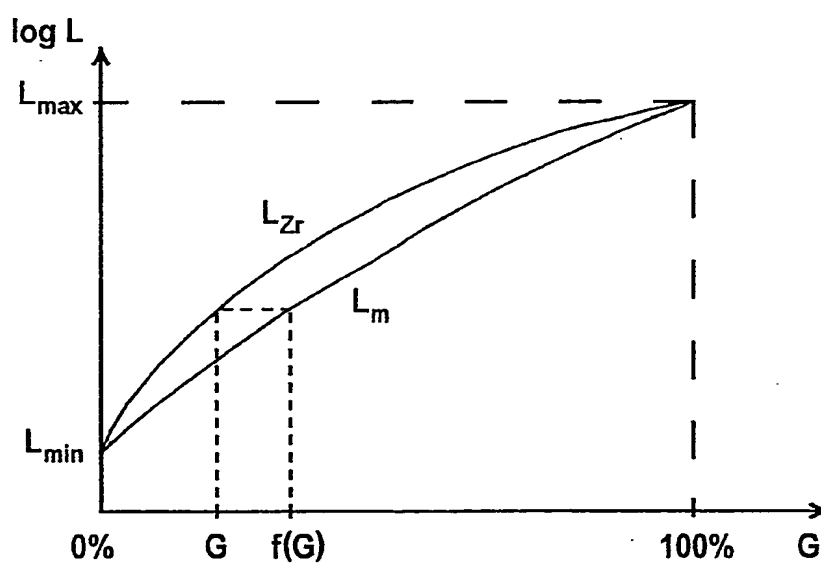


FIG 5